

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-235911

(P2000-235911A)

(43)公開日 平成12年8月29日 (2000.8.29)

(51)Int.Cl.
H 01 F 1/147
C 22 C 19/03
G 11 B 5/31

識別記号

F I
H 01 F 1/14
C 22 C 19/03
G 11 B 5/31

テーマコード^{*} (参考)
B 5D033
D 5D034
C 5E041
K

5/39

5/39

審査請求 未請求 請求項の数12 O.L. (全13頁) 最終頁に続く

(21)出願番号

特願平11-308827

(22)出願日

平成11年10月29日 (1999.10.29)

(31)優先権主張番号

特願平10-354305

(32)優先日

平成10年12月14日 (1998.12.14)

(33)優先権主張国

日本 (JP)

(71)出願人

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号

(72)発明者

小田切 充

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号 富士通株式会社内

(72)発明者

竹房 さなえ

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号 富士通株式会社内

(74)代理人

100072590

弁理士 井桁 貞一

最終頁に続く

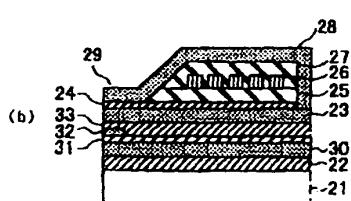
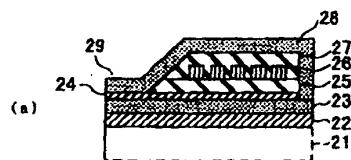
(54)【発明の名称】 磁性材料およびそれを用いた磁気ヘッド並びに磁気記録装置

(57)【要約】

【課題】 NiFeMo合金からなる磁気ヘッドで、より優れた高周波特性を得、且つ熱処理不要で良好な磁区構造形成を容易にし、それによって、高周波特性を大幅に改善させる、延いては磁気記録能力を向上し、薄膜磁気ヘッドの高周波化、高記録密度化に寄与することが課題である。

【解決手段】 Ni、Fe、及び、Moからなる磁性材料において、NiFeMoの組成比を、Niを77~82原子%、Feを15~21原子%、Moを6原子%未満で、且つ、磁歪定数 λ_s が $-1 \times 10^{-6} \leq \lambda_s \leq 1 \times 10^{-6}$ となる範囲に選択することを特徴とする磁性材料。

本発明の第1及び第2の実施の形態の
薄膜磁気ヘッド構造的断面図



21: Al₂O₃-TiC基板 28: 上部磁頭層
22: Al₂O₃膜 29: ライトポール
23: 下部磁頭層 30: 下部シールド層
24: ライトギャップ層 31: 下部リードギャップ層
25: 下部層間絶縁層 32: 過電圧抵抗膜層
26: ライトコイル 33: 上部リードギャップ層
27: 上部層間絶縁層

【特許請求の範囲】

【請求項1】 Ni、Fe、及び、Moからなる磁性材料において、NiFeMoの組成比を、Niを77～82原子%、Feを15～21原子%、Moを6原子%未満で、且つ、磁歪定数 λ_s が $-1 \times 10^{-6} \leq \lambda_s \leq 0$ となる範囲に選択することを特徴とする磁性材料。

【請求項2】 上記磁性材料の保磁力Hcが、Hc ≤ 1 OeになるようにNiFeMoの組成比を選択することを特徴とする請求項1記載の磁性材料。

【請求項3】 上記磁性材料の比抵抗 ρ が、 $\rho \geq 20 \mu \Omega \text{ cm}$ になるようにNiFeMoの組成比を選択することを特徴とする請求項1または2に記載の磁性材料。

【請求項4】 上記磁性材料の飽和磁束密度Bsが、Bs $\geq 0.8 \text{ T}$ になるようにNiFeMoの組成比を選択することを特徴とする請求項1乃至3のいずれか1項に記載の磁性材料。

【請求項5】 磁極層を、圧縮応力を有する形状をなしつつ請求項1乃至4のいずれか1項に記載の磁性材料を用いて構成したことを特徴とする磁気ヘッド。

【請求項6】 Ni、Fe、及び、Moからなる磁性材料において、NiFeMoの組成比を、Niを77～82原子%、Feを15～21原子%、Moを6原子%未満で、且つ、磁歪定数 λ_s が $0 \leq \lambda_s \leq 1 \times 10^{-6}$ となる範囲に選択することを特徴とする磁性材料。

【請求項7】 上記磁性材料の保磁力Hcが、Hc ≤ 1 OeになるようにNiFeMoの組成比を選択することを特徴とする請求項6記載の磁性材料。

【請求項8】 上記磁性材料の比抵抗 ρ が、 $\rho \geq 20 \mu \Omega \text{ cm}$ になるようにNiFeMoの組成比を選択することを特徴とする請求項6または7に記載の磁性材料。

【請求項9】 上記磁性材料の飽和磁束密度Bsが、Bs $\geq 0.8 \text{ T}$ になるようにNiFeMoの組成比を選択することを特徴とする請求項6乃至8のいずれか1項に記載の磁性材料。

【請求項10】 磁極層を、引っ張り応力を有する形状をなしつつ請求項6乃至9のいずれか1項に記載の磁性材料を用いて構成したことを特徴とする磁気ヘッド。

【請求項11】 磁気シールド層を、請求項1乃至4、あるいは請求項6乃至9のいずれか1項に記載の磁性材料を用いて構成したことを特徴とする磁気ヘッド。

【請求項12】 請求項5、9、11のいずれかに記載の磁気ヘッドを用いた磁気記録装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は磁性材料、磁気ヘッド、及び、磁気記録装置に関し、特に、ハードディスクドライブ(HDD)等の磁気記録装置或いは磁気テープ装置等に用いられる複合型薄膜磁気ヘッドを構成する誘導型ヘッド及びMRヘッドの高周波特性を改善するための組成に特徴のある磁性材料、磁気ヘッド、及び、磁気

記録装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 近年、コンピュータの外部記憶装置であるハードディスク装置等の小型化、大容量化の要請の高まりに伴い、記録周波数は100MHz(10⁸Hz)に達しようとしている。このような磁気記録装置では、記録データの書き・読み出を担う磁気ヘッドが、記録用の書きヘッドと再生用の読み出ヘッドとが別々に配置されて一体となって構成されるのが常であり、高密度記録に対応すべく磁気記録媒体からの書き・読み出に狭いピッチで対応できるよう、記録ヘッドと読み出ヘッドとはずれが少なく正確に並べて近接して配置されるように、一連の被膜工程で順次重ねて層形成されている。

【0003】 この様な薄膜磁気ヘッドの上部磁極層は、マスクメッキ法により一体形成したNi₈₂Fe₁₈等のパーマロイ合金が使用されるケースが多いが、ここで、図6を参照して、従来の複合型薄膜磁気ヘッドの一例を簡単に説明する。

図6参照

図6は、従来の複合型薄膜磁気ヘッドを模式的に示した要部透視斜視図であり、スライダーの母体となるAl₂O₃-TiC基板(図示せず)上に、Al₂O₃膜(図示せず)を介してNiFe合金等からなる下部シールド層41を設け、Al₂O₃等の下部リードギャップ層(図示せず)を介してNiFe、Ti、NiFeCrの積層構造等からなる磁気抵抗効果素子42を設けて所定の形状にバーニングしたのち、磁気抵抗効果素子42の両端にAu等からなる導電膜を堆積させてリード電極43を形成する。

【0004】 次いで、再び、Al₂O₃等の上部リードギャップ層(図示せず)を介してNiFe合金等からなる上部シールド層を兼ねる下部磁極層44を設け、その上にAl₂O₃等からなるライトギャップ層(図示せず)を設けたのち、レジスト等の下部層間絶縁膜(図示せず)を介して水平スパイラル状のライトコイル45を形成するとともに、その両端にライト電極46を設け、次いで、レジスト等からなる上部層間絶縁膜(図示せず)を介して先端に幅細のライトポール48を設けた形状の上部磁極層47を設ける。次いで、全面にAl₂O₃膜を設けて保護膜(図示せず)としたのち、基板を切断し、ライトポール48の長さ、即ち、ギャップ深さを調整するための研削、研磨等を含めたスライダー加工を行うことにより磁気抵抗効果素子42を利用した再生用、即ち、リード用のMRヘッドと、記録用、即ち、ライト用の誘導型の薄膜磁気ヘッドとを複合化した複合型薄膜磁気ヘッドが得られる。この場合、ライト電極46からライトコイル45に信号電流を流すことによって発生した磁束は下部磁極層44と上部磁極層47とからなる磁極コアに導かれ、上部磁極層47の先端のライトポール48近傍においてライトギャップ層によって形成さ

れる記録ギャップによって磁束が外部に漏れ出て、記録媒体に信号が記録されることになる。また、逆に、記録媒体からの磁束を磁極コアで検出して信号を再生することもできるものであり、上部磁極層47の先端のライトポール48の幅がトラック幅となり、このトラック幅によって面記録密度が規定される。

【0005】一方、MRヘッドにおける再生原理は、リード電極43から一定のセンス電流を流した場合に、磁気抵抗効果素子42を構成する磁性薄膜の電気抵抗が記録媒体からの磁界により変化する現象を利用するものである。

【0006】しかし、複合型薄膜磁気ヘッドにおける磁気シールド層や上部・下部磁極層における、10MHz～数10MHzの周波数の磁場ノイズや駆動磁場に対する

$$We = \pi^2 \cdot \tau^2 \cdot f^2 \cdot B_m^2 / 4\rho$$

で表されるため、比抵抗 ρ が大きければ、或いは、半径 τ が小さければ渦電流損失 We が小さくなる。

【0008】また、限界周波数 f_g は、 ρ を比抵抗、 t

$$f_g = 4\rho / (\pi \cdot \mu_0 \cdot \mu_d \cdot t^2)$$

で表されるため、比抵抗 ρ が大きければ、或いは、厚さ t が小さければ限界周波数 f_g が大きくなる。

【0009】しかし、従来の上部磁極層47及びライトポール48は、それ自体がNi₈₂Fe₁₈等のパーマロイで構成されているため比抵抗 ρ が20μΩcm程度と小さく、且つ、メッキによる一体形成の比較的厚い膜で形成されているので、 τ または t が大きくなり、渦電流損失 We がどうしても大きく、また、限界周波数 f_g はどうしても小さくなるという問題がある。

【0010】一方、磁性膜の厚さ t を薄くすれば、渦電流損失 We を小さく、且つ、限界周波数 f_g を大きくすることができるが、そうすると、総磁束量が少なくなるという問題が生ずることになる。

【0011】この様な問題を解決するために、Ni₈₂Fe₁₈等のパーマロイより高 ρ 磁極材料の開発が進められており、例えば、パーマロイとほぼ同等の磁気特性を有し、且つ、比抵抗 ρ が $\rho \geq 20 \mu\Omega\text{cm}$ のNiFeMo合金膜を高周波磁極材料として用いることが提案されている（必要ならば、特開平9-63016号公報参照）。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】しかし、上述の提案に係るNiFeMo合金膜は、磁歪定数 s が 5×10^{-6} を越えるほどまでに大きく、また、磁区制御のために180℃～300℃の熱処理を必要とし、この熱処理が、磁極形成前に形成される再生部を構成する磁気抵抗効果素子等に悪影響を及ぼす虞があるという問題がある。

【0013】即ち、薄膜磁気ヘッドの磁極層の透磁率を高めるためには磁歪定数 s を小さくする必要があり（必要ならば、松本他著、「磁気記録工学」、p. 179、共立出版刊参照）、また、磁極の先端付近まで、即

るシールド効果や磁気記録能力が渦電流損失のために大きく低下し、記録不良を招きやすいという問題がある。これは、高周波になるにしたがって渦電流損失が大きくなつて、表皮効果による記録磁界強度の低下を招くためである。この様な渦電流損失を抑制するためには、渦電流損失が比抵抗 ρ と反比例の関係にあることから、比抵抗 ρ を高くすれば良い。

【0007】即ち、半径 t [m] の円柱状磁性体にコイルを巻き付け、コイル電流を流した時に磁性体を流れる単位体積当たりの渦電流損失 We は、 τ [m] を磁気薄膜の半径、即ち、厚さ、 f [MHz] を周波数、 B_m [Wb/m²] を磁化の強さ、 ρ [Ω·m] を比抵抗とした場合、

… (1)

を磁性膜の厚さ、 μ_0 を真空の透磁率、 μ_d を磁性膜の透磁率とした場合、

… (2)

ち、ライトポール付近まで六角磁区が形成されるように磁区制御を行うことにより、六角磁区内のスピンドルにより磁束の伝搬を行い、高周波応答性に優れた可逆的な磁化過程を生ずることができる。

【0014】ここで、従来一般的な形状の上部磁極層の場合を取り上げ、図7を参照して上部磁極層における理想的な磁区構造を説明する。

図7参照

図7は、上部磁極層47の平面図であり、理想的な磁区構造としては、主磁区となる六角磁区50が、ライトポール48近傍までにも形成され、六角磁区50に隣接して形成された還流磁区となる三角磁区51を介して、図において矢印で示す磁化方向が還流することが望まれる。

【0015】上述のように、磁極材料の高周波特性を高めるためには、高比抵抗化、磁歪定数 s の微小化、及び、磁区制御の3点が重要であり、且つ、熱処理などの磁極形成前に形成される再生部を構成する磁気抵抗効果素子等に悪影響を及ぼす工程を省くことが必要となる。

【0016】したがって、本発明は、磁性材料、磁気ヘッド、或いは、磁気装置において、NiFeMoの組成比を制御することによって、高周波特性を改善するとともに、熱処理を要することなく良好な磁区構造を形成することを目的とする。

【0017】

【課題を解決するための手段】図1は本発明の原理的構成の説明図であり、この図1を参照して本発明における課題を解決するための手段を説明する。

【0018】なお、図1は、好適なNiFeMo組成範囲を示す組成図である。

図1参照

本発明は、

(1) Ni、Fe、及び、Moからなる磁性材料において、NiFeMoの組成比を、Niを77～82原子%、Feを15～21原子%、Moを6原子%未満で、且つ、磁歪定数 λ_s が $-1 \times 10^{-6} \leq \lambda_s \leq 0$ となる範囲に選択すること、あるいは

(2) Ni、Fe、及び、Moからなる磁性材料において、NiFeMoの組成比を、Niを77～82原子%、Feを15～21原子%、Moを6原子%未満で、且つ、磁歪定数 λ_s が $0 \leq \lambda_s \leq 1 \times 10^{-6}$ となる範囲に選択すること、を特徴とする。

【0019】上記のうち、(1)の条件で選ばれた磁性材料は、圧縮応力を有する形状の一般的な書きヘッドの磁極層として好適である。一方、(2)の条件で選ばれた磁性材料は、引っ張り応力を有する形状の書きヘッドの磁極層として好適である。

【0020】上記の様な条件が満たされる様にNiFeMoの組成比を制御することによって、高周波特性に優れた高透磁率の磁性材料を得ることができ、且つ、この様な組成比の磁性材料膜で上部磁極層を構成した場合には、例えば、(1)の条件の磁性材料について言えば、上部磁極層の先端部近傍まで六角磁区の形成された理想に近い磁区構造が得られる。

【0021】(3)また、本発明は、上記(1)～(2)において、磁性材料の保磁力 H_c が、 $H_c \leq 10\text{e}$ になるようにNiFeMoの組成比を選択することを特徴とする。

【0022】この様に、磁性材料の保磁力 H_c が、 $H_c \leq 10\text{e}$ になるようにNiFeMoの組成比を選択することによって、磁極層に必要なパーマロイと同様の優れた軟磁気特性を得ることができる。

【0023】(4)また、本発明は、上記(1)～(3)のいずれかにおいて、磁性材料の比抵抗 ρ が、 $\rho \geq 20\mu\Omega\text{cm}$ になるようにNiFeMoの組成比を選択することを特徴とする。

【0024】この様に、磁性材料の比抵抗 ρ が、 $\rho \geq 20\mu\Omega\text{cm}$ になるようにNiFeMoの組成比を選択することによって、従来のNi₈₂Fe₁₈等のパーマロイより高比抵抗の磁性材料を得ることができ、それによって、渦電流損失を W_e を小さく、且つ、限界周波数 f_g を大きくすることができる。

【0025】(5)また、本発明は、上記(1)～(4)のいずれかにおいて、磁性材料の飽和磁束密度 B_s が、 $B_s \geq 0.8\text{T}$ になるようにNiFeMoの組成比を選択することを特徴とする。

【0026】この様に、磁性材料の飽和磁束密度 B_s が、 $B_s \geq 0.8\text{T}$ になるようにNiFeMoの組成比を選択することによって、パーマロイと同程度の飽和磁束密度とことができ、したがって、パーマロイと同程度の記録磁界強度を保つことができる。

【0027】(6)また、本発明は、磁気ヘッドにおいて、磁極層を、上記(1)～(5)のいずれかの磁性材料を用いて構成したことを特徴とする。

【0028】この様に、上記(1)～(5)のいずれかの磁性材料を用いて磁極層、特に、上部磁極層を構成することによって、上部磁極層の先端部近傍まで理想に近い磁区構造が得られ、それによって、優れた高周波特性を有する誘導型の薄膜磁気ヘッド或いは複合型薄膜磁気ヘッドを実現することができる。

10 【0029】(7)また、本発明は、磁気ヘッドにおいて、磁気シールド層を、上記(1)～(4)のいずれかの磁性材料を用いて構成したことを特徴とする。

【0030】この様に、上記(1)～(4)のいずれかの磁性材料を用いて磁気抵抗効果素子を挿み込む磁気シールド層を構成することによって、高周波数の磁場ノイズや駆動磁場に対するシールド効果を良好に保つことができ、それによって、優れた高周波特性を有する再生用MRヘッド或いは複合型薄膜磁気ヘッドを実現することができる。

20 【0031】(8)また、本発明は、磁気装置において、磁気シールド層を、上記(1)乃至(4)のいずれかの磁性材料を用いて構成したことを特徴とする。

【0032】この様に、磁気シールド層の用途は磁気ヘッドに限られるものでなく、例えば、磁気測定装置等において、ノイズとなる外部磁場をシールドするための磁気シールド層としても用いることができる。

【0033】

【発明の実施の形態】【第1の実施態様～圧縮応力を有する形状の一般的な書きヘッドの磁極層】以下では、本発明の実施の形態の薄膜磁気ヘッドを説明するが、先ずは、図2乃至図4を参照して、NiFeMo(ニッケル-鉄-モリブデン)合金膜における、諸磁気特性のNiFeMo組成依存性を説明する。第一の実施態様として例示するのは、一般的に知られるホームベース状の五角形(正方形等の平行四辺形の一辺に三角形が継ぎ足された形状)の頂点にライトポートとなるべきアンテナ状部位が継ぎ足された形をした書きヘッドの磁極層についてである。

40 【0034】この場合のNiFeMo合金膜は、通常の磁極層の製造方法に用いられている電解メッキ法によって成膜したものであり、膜厚としては、1～3μmとし、成膜条件としては、成膜時に400[Oe]の磁場を印加しているだけで、特別の処理は行っていない。なお、使用する薬品の組成比等、膜の形成方法の詳細については、特願平10-220011号に記載している通りである。概略説明すれば、例えば、NiイオンとFeイオンとMoイオンとオキシカルボン酸又はオキシカルボン酸の塩である有機酸とを含むめっき浴を用いて、電気めっき法によりNiFeMo(ニッケル-鉄-モリブデン)合金膜を形成する。この場合、めっき浴中の前記

有機酸の濃度は0.001mol/l以上とし、めっき浴中の前記Moイオンの濃度の3~20倍とする。

図2 (a) 参照

図2 (a) は、磁歪定数 λ_s のNiFeMo組成依存性の測定結果を示す図であり、磁歪定数 λ_s の測定の際には、光てこ法を用いた。

【0035】図から明らかなように、Ni組成比が増えるにつれて、また、Mo組成比が減るにつれて磁歪定数 λ_s が低下し、Ni組成比が約80原子% (at%) 近傍において、 $\lambda_s = 0$ になり、Ni組成比がそれより多くなると磁歪定数 λ_s は負になり、また、Ni組成比がそれより少なくなると磁歪定数 λ_s は正になる。

図2 (b) 参照

図2 (b) は、 $\lambda_s = 0$ 近傍で且つ、負の値を有し、Mo組成比が約2.0原子%のNiFeMo合金膜によって上部磁極層11を形成した場合の磁区構造を示す図であり、酸化鉄のコロイドを磁区の境界の磁壁13に収集させるピッター法を用い、その結果を顕微鏡観察した状態を模写したものであり、図から明らかなように、ライトボール12の近傍まで六角磁区14が構成されており、特段の熱処理を加えなくとも理想的磁区構造に近い状態であることが観察された。

図2 (c) 参照

図2 (c) は、 $\lambda_s = 0$ 近傍で且つ、正の値を有し、Mo組成比が約2.5のNiFeMo合金膜によって上部磁極層11を形成した場合の磁区構造を示す図であり、同じくピッター法による結果を顕微鏡観察した状態を模写したものであり、図から明らかなように、全体として六角磁区14が少なく、大多数の磁区が三角磁区15によって構成されていくこと観察され、好みの磁区構造ではなかった。

【0036】したがって、磁区制御のための特段の熱処理を加えることなく良好な磁区構造を有する上部磁極層11を形成するためには、磁歪定数 λ_s が $\lambda_s \leq 0$ となる範囲の組成比を選択する必要があり、また、磁歪定数 λ_s が負の場合にも、その絶対値が大きい場合には、良好な磁区が得られないで、 $\lambda_s \geq -1 \times 10^{-6}$ となるように、即ち、全体としては、 $-1 \times 10^{-6} \leq \lambda_s \leq 0$ となるようにNiFeMoの組成比を選択することが必要となる。

図3 (a) 参照

図3 (a) は、保磁力HcのNiFeMo組成依存性の測定結果を示す図であり、保磁力Hcの測定の際には、VSM (Vibrating Sample Magnetometer: 振動試料型磁力計) 法を用いた。

【0037】図から明らかなように、実線で囲んだ範囲が、 $Hc < 1$ [Oe] となるので、 $Hc \leq 1$ [Oe] の磁性膜を得るためにには、

75 at% ≤ Ni組成比 ≤ 83 at%

15 at% ≤ Fe組成比 ≤ 22 at%

0 at% < Mo組成比 ≤ 6 at%

8

とする必要がある。

図3 (b) 参照

図3 (b) は、比抵抗 ρ のNiFeMo組成依存性の測定結果を示す図であり、比抵抗 ρ の測定の際には、4端子法を用いた。

【0038】図から明らかなように、比抵抗 ρ はMo組成比の増加とともに増加するが、図に示した範囲においては、全ての組成比において比抵抗 ρ は、 $\rho \geq 20 \mu\Omega$ cmとなり、バーマロイより高比抵抗にできることが確認された。

図4 (a) 参照

図4 (a) は、飽和磁束密度Bsの ρ のNiFeMo組成依存性の測定結果を示す図であり、飽和磁束密度Bsの測定の際には、保磁力Hcの測定と同様に、VSM法を用いた。

【0039】図から明らかなように、飽和磁束密度Bsは、Fe組成比の増加とともに増加する傾向があり、また、Ni組成比の増加とともに低下する傾向があるが、図に示した範囲においては、 $B_s \geq 0.8$ Tとなり、バーマロイと同程度の飽和磁束密度Bsが得られることが確認された。

図4 (b) 参照

図4 (b) は、磁歪定数 $\lambda_s = -5 \times 10^{-7}$ 、保磁力Hc = 0.5 Oe、比抵抗 $\rho = 47 \mu\Omega$ cm、飽和磁束密度Bs = 0.95 Tとなる、Ni₈₀Fe_{17.5}Mo_{2.5}とバーマロイNi₈₀Fe₂₀を厚さ2 μmに成膜した場合の透磁率の測定結果を示す図である。

【0040】図から明らかなように、Ni₈₀Fe₂₀は約20 MHzを越えるとNi₈₀Fe_{17.5}Mo_{2.5}より実効透磁率 μ' が低下はじめ、約40 MHzを越えると1000以下になるが、Ni₈₀Fe_{17.5}Mo_{2.5}の場合は、約70 MHz程度の範囲まで実効透磁率 μ' が100を越えており、100 MHz帯域の透磁率の向上が確認された。

【0041】なお、 μ'' は無効透磁率である。

【0042】以上の結果をまとめると、NiFeMo合金膜によって良好な高周波特性の磁性膜を形成するためには、NiFeMo組成比を、

75 at% ≤ Ni組成比 ≤ 83 at%

15 at% ≤ Fe組成比 ≤ 22 at%

0 at% < Mo組成比 ≤ 6 at%

とすることが必要条件となり、より安全を見込めば、

77 at% ≤ Ni組成比 ≤ 82 at%

15 at% ≤ Fe組成比 ≤ 21 at%

0 at% < Mo組成比 < 6 at%

とすることが望ましい。

【0043】また、上記の組成比の範囲内において、理想に近い磁区構造を得るためにには、図2から明らかなように、磁歪定数 λ_s を、

$-1 \times 10^{-6} \leq \lambda_s \leq 0$

とすることが必要条件となる。

【0044】さらに、この様な条件に加えて、良好な高周波特性を確実に得るために、上記の諸条件に加え、保磁力Hc、比抵抗ρ、及び、飽和磁束密度Bsについて、

$H_c \leq 1$ [Oe]

$\rho \geq 20 \mu\Omega\text{cm}$

$B_s \geq 0.8$ T

の内の少なくとも1つの条件を満たすようにNiFeMoの組成比を選択することが望ましい。

【0045】次に、上記の範囲の組成比のNiFeMo合金膜を用いた薄膜磁気ヘッド或いは複合型薄膜磁気ヘッドの具体的構成に関する本発明の第1及び第2の実施の形態を図5を参照して説明する。

【0046】なお、この場合の磁性体膜は、上記の諸条件を満たす組成比であればどの様なものでも良いが、ここでは、図4(b)の透磁率の測定の際に用いたNi₈₀Fe_{17.5}Mo_{2.5}を用いた。

【0047】したがって、この場合の磁性体膜の磁歪定数λs、保磁力Hc、比抵抗ρ、及び、飽和磁束密度Bsは、上記の様に、 $\lambda_s = -5 \times 10^{-7}$ 、 $H_c = 0.5$ Oe、 $\rho = 47 \mu\Omega\text{cm}$ 、 $B_s = 0.95$ Tとなる。

図5(a) 参照

図5(a)は、本発明の第1の実施の形態の誘導型の薄膜磁気ヘッドの概略的な要部断面図であり、まず、スライダーの母体となるAl₂O₃-TiC基板21上に、Al₂O₃膜22を介して厚さ50~100Å、例えば、50ÅのTa層、及び、厚さ1000Å以下、例えば、500ÅのNiFe合金からなるメッキベース層(図示せず)を形成したのち、レジスト膜を塗布してパターニングすることによって、所定の開口部を有するレジストマスク(図示せず)を形成し、電解メッキ法によって厚さが、2.5~4.0μm、例えば、3.0μmのNi₈₀Fe_{17.5}Mo_{2.5}合金からなる下部磁極層23を成膜し、次いで、レジストマスクを除去したのち、Arイオンを用いたイオンミリング法によってメッキベース層の露出部を除去する。

【0048】次いで、スパッタリング法によって厚さ0.2~0.6μm、例えば、0.4μmのAl₂O₃を堆積させてライトギャップ層24としたのち、厚さが、3.0~4.0μm、例えば、3.5μmのレジストからなる下部層間絶縁膜25を介して、厚さが、2.5~4.0μm、例えば、3.0μmのCu膜を設け、パターニングすることによって、後に形成する上部磁極層28と下部磁極層23の接続部を複数回巻く平面スパイラル状のライトコイル26及びその両端のライト電極を形成し、次いで、再び、厚さが、3.0~4.0μm、例えば、3.5μmのレジストからなる上部層間絶縁膜27を形成してライトコイル26を被覆する。

【0049】なお、この場合のライトギャップ層24の厚さが、磁気ギャップの間隔、即ち、ギャップ長となる。

【0050】次いで、厚さ50~100Å、例えば、50ÅのTi層、及び、厚さ1000Å以下、例えば、500ÅのNiFe膜をスパッタリング法によって順次成膜してメッキベース層(図示せず)を形成し、次いで、レジスト層を塗布したのち、露光・現像することによって、上部磁極層28に対応する形状の開口部を有するレジストマスク(図示せず)を設け、このレジストマスクをマスクとして、電解メッキ法によって、厚さが、2.0~4.0μm、例えば、3.0μmのNi₈₀Fe_{17.5}Mo_{2.5}合金からなり、先端部が幅細のライトポール29となった上部磁極層28を形成する。

【0051】次いで、レジストマスクを除去したのち、Arイオンを用いたイオンミリングを施すことによってメッキベース層の露出部を除去し、次いで、全面にAl₂O₃膜を設けて保護膜(図示せず)としたのち、基板を切断し、ライトポール29の長さ、即ち、ギャップ深さを調整するための研削、研磨等を含めたスライダー加工を行うことにより高周波特性に優れ、且つ、高記録密度の誘導型の薄膜磁気ヘッドが完成する。

【0052】この第1の実施の形態においては、下部磁極層23及び上部磁極層28として、Ni₈₀Fe_{17.5}Mo_{2.5}合金を用いているので、高周波特性に優れた薄膜磁気ヘッドを構成することができ、また、上部磁極層28においては、ライトポール29の近傍まで六角磁区が形成された理想に近い磁区構造とができる。

図5(b) 参照

図5(b)は、本発明の第2の実施の形態の複合型薄膜磁気ヘッドの概略的な要部断面図であり、まず、スライダーの母体となるAl₂O₃-TiC基板21上に、Al₂O₃膜22を介して厚さが、2.0~4.0μm、例えば、3.0μmのNi₈₀Fe_{17.5}Mo_{2.5}合金からなる下部シールド層30を設け、Al₂O₃からなる下部リードギャップ層31を介してNiFe、Ti、NiFeCrの積層構造等からなる磁気抵抗効果素子32を設けて所定の形状にパターニングしたのち、磁気抵抗効果素子32の両端にAu等からなる導電膜を堆積させてリード電極(図示せず)を形成し、次いで、再び、Al₂O₃からなる上部リードギャップ層33を設ける。

【0053】以降は、上記の第1の実施の形態と同様に、上部リードギャップ層32上に、厚さ50~100Å、例えば、50ÅのTa層、及び、厚さ1000Å以下、例えば、500ÅのNiFe合金からなるメッキベース層(図示せず)を形成したのち、レジスト膜を塗布してパターニングすることによって、所定の開口部を有するレジストマスク(図示せず)を形成し、電解メッキ法によって厚さが、2.5~4.0μm、例えば、3.0μmのNi₈₀Fe_{17.5}Mo_{2.5}合金からなる上部シ

ルド層を兼ねる下部磁極層23を成膜し、次いで、レジストマスクを除去したのち、Arイオンを用いたイオンミーリング法によってメッキベース層の露出部を除去する。

【0054】次いで、スパッタリング法によって厚さ0.2~0.6μm、例えば、0.4μmのAl₂O₃を堆積させてライトギャップ層24としたのち、厚さが、3.0~4.0μm、例えば、3.5μmのレジストからなる下部層間絶縁膜25を介して、厚さが、2.5~4.0μm、例えば、3.0μmのCu膜を設け、バターニングすることによって、後に形成する上部磁極層28と下部磁極層23の接続部を複数回巻く平面スパイラル状のライトコイル26及びその両端をなすライト電極を形成し、次いで、再び、厚さが、3.0~4.0μm、例えば、3.5μmのレジストからなる上部層間絶縁膜27を形成してライトコイル26を被覆する。

【0055】次いで、厚さ50~100Å、例えば、50ÅのTi層、及び、厚さ1000Å以下、例えば、500ÅのNiFe膜をスパッタリング法によって順次成膜してメッキベース層(図示せず)を形成し、次いで、レジスト層を塗布したのち、露光・現像することによって、上部磁極層に対応する形状の開口部を有するレジストマスク(図示せず)を設け、このレジストマスクをマスクとして、電解メッキ法によって、厚さが、2.0~4.0μm、例えば、3.0μmのNi₈₀Fe_{17.5}Mo_{2.5}合金からなり、先端部が幅細のライトポール29となつた上部磁極層28を形成する。

【0056】次いで、レジストマスクを除去したのち、Arイオンを用いたイオンミーリングを施すことによってメッキベース層の露出部を除去し、次いで、全面にAl₂O₃膜を設けて保護膜(図示せず)としたのち、基板を切断し、ライトポール29の長さ、即ち、ギャップ深さを調整するための研削、研磨等を含めたスライダー加工を行うことにより高周波特性に優れ、且つ、高記録密度の複合型薄膜磁気ヘッドが完成する。

【0057】この第2の実施の形態においては、再生用のMRヘッド部を構成する磁気抵抗効果素子32をNi₈₀Fe_{17.5}Mo_{2.5}合金からなる下部シールド層31及び上部シールド層となる下部磁極層23によって挟持しているので、100MHz近傍の高周波の磁場ノイズや駆動磁場に対するシールド効果を良好に保つことが可能になり、それによって、再生分解能を高くすることが期待できる。

【0058】また、この場合にも、上部磁極層28もNi₈₀Fe_{17.5}Mo_{2.5}合金を用いて構成しているので、特段の熱処理を施すことなく、ライトポール29の近傍まで六角磁区が形成された理想に近い磁区構造とどることができ、それによって、磁気抵抗効果素子32の形成後の熱処理が不要になるので、再生用のMRヘッド部を構成する磁気抵抗効果素子32に悪影響を及ぼすことが

なく、高い再生出力を維持しながら高周波記録が可能になる。

【第2の実施態様～引張応力を有する形状の書込ヘッドの磁極層】次に、書込ヘッドの磁極層の平面形状を、第1の実施態様として例示した如き一般的に知られる圧縮応力を有する形状に代えて、引張応力を有する形状に代えた場合について説明する。このように引張応力を有する磁極層を簡単に例示すると、第1の実施態様で説明した五角形の中に大きい開口部を設ければ良い。詳細を説明するにあたり、以下では先ず原理を説明する。ライトポールの先端部まで還流磁区構造を形成して、特性良好な磁気ヘッドを形成するためには、弾性磁気異方性エネルギーにより磁極長方向に生じる異方性を意識しなければならない。磁歪をλ、張力をσ、自発磁化と張力σのなす角をθとするとき弾性磁気異方性エネルギーEは、以下の式にしたがう。

$$E = - (3/2) \lambda \sigma \cos^2 \theta$$

磁気ヘッド材料としては磁歪正負のものがあり、また張力は引っ張り応力(σ > 0)をもつ。Eを最小とするように弾性磁気異方性が生じるので、

$$\lambda < 0 \text{ では } \theta = 90^\circ$$

$$\lambda > 0 \text{ では } \theta = 0^\circ$$

となる。つまりλ < 0ではσと直角方向に異方性を生じ、λ > 0ではσと同方向に異方性を生じる。また、引っ張り応力の方向は磁極形状により異なり、磁極の長い形状では磁極長方向(y方向)に働き、磁極が幅広い形状では磁極幅方向(x方向)に働く。これは形状的に長さと幅を比べた時、相対的に長い方に引っ張り応力が働くからである。上記式にて明らかなように、正磁歪かつ引っ張り応力の材料を用いた場合には、磁極形状をx > yとすれば良く、逆に短ヨーク化によりx > yとなる時には、正磁歪となるような材料を用いれば良く、この時、磁極先端まで還流磁区構造を形成し、特性良好な磁気ヘッドを形成できる。ところで、書込ヘッドの磁極層が圧縮応力を有する一般的な五角形状の形成プロセスを大幅に変更することなく、引っ張り応力を有するように変更するには、例えば、磁極層の中央部に中空を設けた構造にすれば良い。

図8参照

図8は、本発明の第2の実施形態にかかる理想的磁区構造の模式上面図であり、中空を設け引っ張り応力を有するようにした書込ヘッドの磁極層の理想的な磁区構造モデルを描いたものである。同図に描かれた磁極層では、概形は第1の実施形態の形を基本的に踏襲しつつも、磁性層材料の内部に中空部(バックギャップ)を設けたため、引っ張り応力が生じるようになったものである。この磁極層では、バックギャップから磁極層中、図上の下方向に位置する磁極先端に向けて六角磁区と三角磁区とからなる還流磁区構造が形成されているが、このように六角磁区を先端部まで形成することで、六角磁区

内のスピンが回転し記録再生に寄与する磁束の伝搬が、バックギャップから磁極先端まで高速かつ再現性よく行われるものである。図8に示した例では、引っ張り応力 α は、バックギャップから磁極先端に向いた方向に生じているが、磁極層の横幅と縦方向の長さ（バックギャップから磁極先端に延びる方向への長さ）とを調節することで、バックギャップから磁極先端への方向と直行する方向に生じさせることもできるので、以下では、図9を引用しつつこのことについて説明する。

【0059】図9（A）（B）は、本発明の第2の実施形態にかかる磁区構造の観察例となる模式上面図である。（A）は、横幅 x が縦長さ y よりも短い場合、すなわち磁極の幅が磁極の長さに比べてより長い場合について描いたものであり、一方、（B）は、横幅 x が縦長さ y よりも長い場合、すなわち磁極の幅が磁極の長さに比べてより短い場合について描いたものである。一般に、磁極の長さと幅とを比べた場合に相対的に長い方に引っ張り応力が働くが、カーボン微鏡による磁区観察結果は、このことを裏付けるものであった。すなわち、図9

（A）の場合には、磁極の長さ方向に引っ張り応力 α が生じ、一方図9（B）の場合には、磁極の幅方向に引っ張り応力 α が生じていることが、カーボン微鏡によって確認できた。図10は、本発明の第2の実施態様に基づく書込ヘッドの磁極層の模式上面図である。磁極の幅を45 μm 、磁極の長さを35 μm とし、磁極層材料を50NiFe（正磁歪）として、書込ヘッドの磁極層として用いることができる。次に、図10に示す書込ヘッドの磁極層を一般的な複合型MRヘッドの一部として用いる場合の実施態様を図11にしたがって説明する。図11は、本発明の第2の実施態様に基づく複合型磁気ヘッドの適用例を示す模式図（模式上面図（a）と磁区構造モデル上面図（b）と磁極先端からの断面構造（c））である。読出ヘッドと書込ヘッドとを一体化した複合型磁気ヘッドの一般的な断面図は、模式的に描けば、図11

（c）のような形状をしている。読み取るMR素子を設け、また磁気記録媒体中に記録された磁気記録情報を読み取る際の妨げになるような周囲の磁気の影響を排除するために、磁気シールド層をMR素子の両側に設ける。さらに、この磁気シールド層/MR素子/磁気シールド層の三層構造の外側に上部磁極を設け、これにより書込を行う。上部磁極の構成は、図10に示したような形状であれば良い。図11（c）に示した複合型磁気ヘッドを上から見た平面図は、図11（a）に示す通りである。図11（a）中、図10に示す形状の上部磁極の下に磁気シールド層が設けられるが、この場合、上部磁極よりも磁気シールド層は十分大きい。上部磁極の幅が45 μm であるのに対して磁気シールド層の幅は70 μm であり、また上部磁極の長さが35 μm であるのに対して磁気シールド層の長さは65 μm である。磁気シールド層は四角形にパターニングされると、その磁区構造

10 モデルは、図11（b）に示す如くに単純な六角磁区と三角磁区との組み合わせの如く成る。

【0060】次に、上記の範囲の組成比のNiFeMo合金膜を用いた薄膜磁気ヘッド或いは複合型薄膜磁気ヘッドの具体的構成に上記図11に開示した複合型磁気ヘッドを適用する場合には、上記第1の実施形態として説明したのに準じて図5に記載されるような構造にすれば良い。したがって、ここでは繰り返して図5の工程を説明することは省く。なお、この場合の磁性体膜は、上記の諸条件を満たす組成比であればどの様なものでも良いが、ここでは、図4（b）の透磁率の測定の際に用いたのと同じNi₈₀Fe_{17.5}Mo_{2.5}を用いた。この場合の磁性体膜の磁歪定数 λ_s 、保磁力 H_c 、比抵抗 ρ 、及び、飽和磁束密度 B_s は、上記の様に、 $\lambda_s = +5 \times 10^{-7}$ 、 $H_c = 0.50\text{e}$ 、 $\rho = 4.7 \mu\Omega\text{cm}$ 、 $B_s = 0.95\text{T}$ となる。

【0061】別の実施の形態においては、再生用のMRヘッド部を構成する磁気抵抗効果素子32をNi₈₀Fe_{17.5}Mo_{2.5}合金からなる下部シールド層31及び上部シールド層となる下部磁極層23によって挟持しているので、100MHz近傍の高周波の磁場ノイズや駆動磁場に対するシールド効果を良好に保つことが可能になり、それによって、再生分解能を高くすることが期待できる。

【0062】また、この場合にも、上部磁極層28もNi₈₀Fe_{17.5}Mo_{2.5}合金を用いて構成しているので、特段の熱処理を施すことなく、ライトポール29の近傍まで六角磁区が形成された理想に近い磁区構造とすることができる、それによって、磁気抵抗効果素子32の形成後の熱処理が不要になるので、再生用のMRヘッド部を構成する磁気抵抗効果素子32に悪影響を及ぼすことがなく、高い再生出力を維持しながら高周波記録が可能になる。

【0063】以上、本発明の各実施の形態を説明してきたが、本発明は上記説明した実施形態に限られるものではなく各種の変更が可能であり、例えば、上部磁極層等を構成する磁性材料としては、Ni₈₀Fe_{17.5}Mo_{2.5}合金に限られるものではなく、上述した組成比の範囲で、且つ、上記の磁歪定数 λ_s 、保磁力 H_c 、比抵抗 ρ 、及び、飽和磁束密度 B_s に関する諸条件を満たすNiFeMo合金であれば良い。また、上記の各実施の形態の説明においては、誘導型の薄膜磁気ヘッド或いは複合型薄膜磁気ヘッドとして説明しているが、再生専用の単独のMRヘッドにも適用されるものであり、複合型薄膜磁気ヘッドと同様に、上下の磁気シールド層として、上述の諸条件を満たすNiFeMo合金を用いれば良い。また、在来型のMR素子ではなく、GMR（巨大磁気抵抗効果）素子、スピナルバ尔斯素子のいずれに対しても適用して同様の効果が得られる。また、強磁性トンネル接合素子に対してもライトヘッド形成プロセスでの熱

履歴を大幅に減らせる本発明の効果は大きい。特に、スピナルバ尔斯子においては、磁気抵抗効果に関与する二つの磁性体膜のうち、片方の磁性体膜（自由層）は磁場を感じて磁化方向を自由回転可能である一方、他方の磁性体膜（「固定層」とか「ビンディング層」と呼ばれる）は反強磁性体（ビニング層）を近接させることにより磁場に対して磁化方向が回転しないように固定されているが、何も磁場を与えない場合の磁化方向は加熱処理によって定められるので、不要な加熱処理が本来望んだ磁化方向とは異なる方向に歪めてしまう可能性があり、できるだけプロセス中に加熱工程を含めたくないという需要が特に高い。本発明をスピナルバ尔斯子の形成プロセスに適用すれば、このような不要な加熱工程は省かれるので、磁化方向が所望に定まり、信頼性が高いあるいは歩留りの高い微細スピナルバ尔斯子が形成可能という効果も得られ、スピナルバ尔斯子への本発明の適用は特に好ましい結果を及ぼす。また、上記の各実施の形態においては、磁気ヘッドに用いる磁性材料として説明しているが、必ずしも磁気ヘッド用に限られるものではなく、例えば、磁気測定装置等における磁気シールド材として用いることができる。

【0064】

【発明の効果】本発明によれば、NiFeMo合金の組成比を、優れた高周波特性が得られ、且つ、熱処理を要することなく良好な磁区構造の形成が容易になる磁歪定数 λ_s となる値に選択しているので、他の特性を犠牲にすることなく比抵抗 ρ を大きくすることができ、それによって、高周波特性を大幅に改善させることができるので、磁気記録能力を向上することができ、薄膜磁気ヘッドの高周波化、高記録密度化に寄与し、ひいては、高性能HDD装置の普及に寄与するところが大きい。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の原理的構成の説明図である。

【図2】磁歪定数 λ_s と磁区構造のNiFeMo組成依存性の説明図である。

【図3】保磁力 H_c と比抵抗 ρ のNiFeMo組成依存性の説明図である。

【図4】飽和磁束密度 B_s と透磁率特性のNiFeMo組成依存性の説明図である。

【図5】本発明の実施の形態の薄膜磁気ヘッドの概略的断面図である。

【図6】従来の複合型薄膜磁気ヘッドの要部透視斜視図である。

【図7】本発明の第1の実施形態にかかる理想的磁区構造の模式上面図である。

【図8】本発明の第2の実施形態にかかる理想的磁区構造の模式上面図である。

【図9】本発明の第2の実施形態にかかる磁区構造の観察例となる模式上面図である。

【図10】本発明の第2の実施形態に基づく書きヘッドの磁極層の模式上面図である。

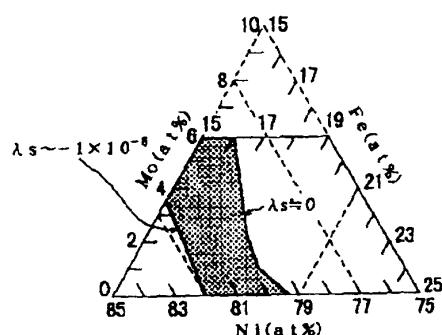
【図11】本発明の第2の実施形態に基づく複合型磁気ヘッドの適用例を示す模式図（模式上面図（a）と磁区構造モデル上面図（b）と磁極先端からの断面構造（c））である。

【符号の説明】

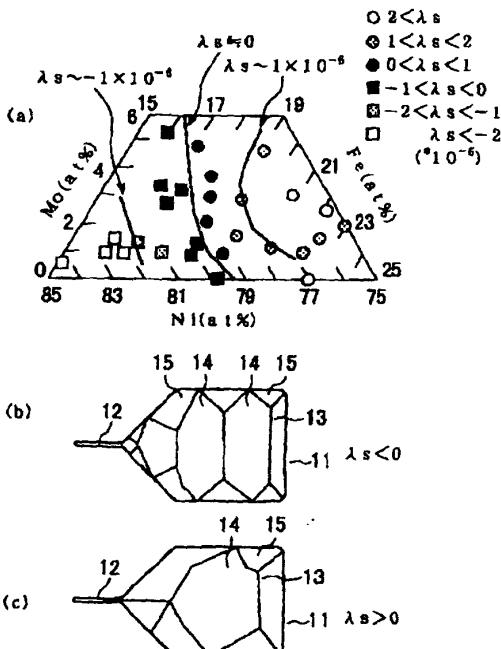
1 1	上部磁極層
1 2	ライトポール
1 3	磁壁
1 4	六角磁区
1 5	三角磁区
2 1	A12O3-TiC基板
2 2	A12O3膜
2 3	下部磁極層
2 4	ライトギャップ層
2 5	下部層間絶縁膜
2 6	ライトコイル
2 7	上部層間絶縁膜
2 8	上部磁極層
2 9	ライトポール
3 0	下部シールド層
3 1	下部リードギャップ層
3 2	磁気抵抗効果素子
3 3	上部リードギャップ層
4 1	下部シールド層
4 2	磁気抵抗効果素子
4 3	リード電極
4 4	下部磁極層
4 5	ライトコイル
4 6	ライト電極
4 7	上部磁極層
4 8	ライトポール
4 9	磁壁
5 0	六角磁区
5 1	三角磁区

【図1】

本発明の原理的構成の説明図



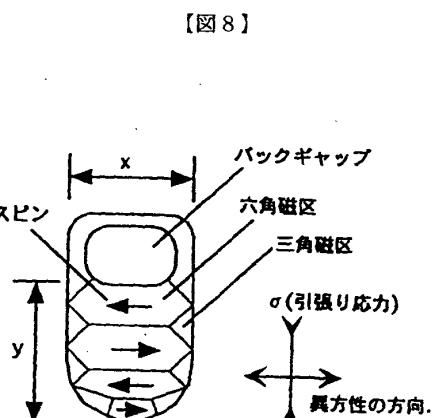
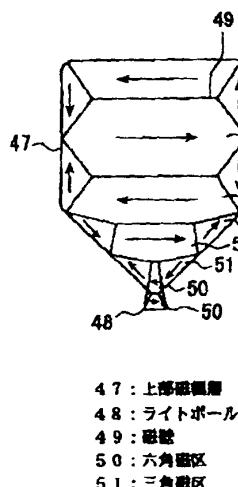
磁歪定数λsと磁区構造のNiFeMo組成依存性の説明図



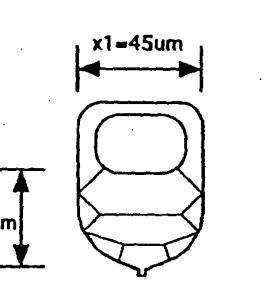
【図7】

理想的磁区構造の説明図

1 1 : 上部磁極層 1 4 : 六角磁区
1 2 : ライトボール 1 5 : 三角磁区
1 3 : 磁盤



【図8】



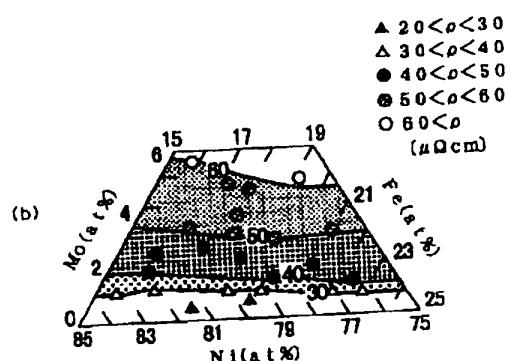
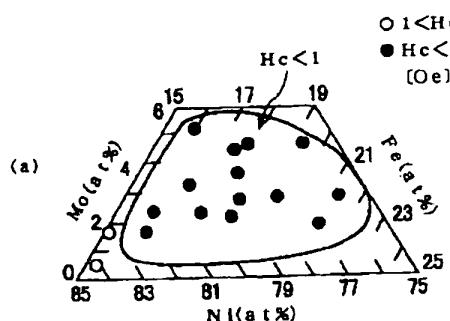
($x_1 > y_1, \lambda > 0, \sigma > 0$)

理想的な磁区構造モデル

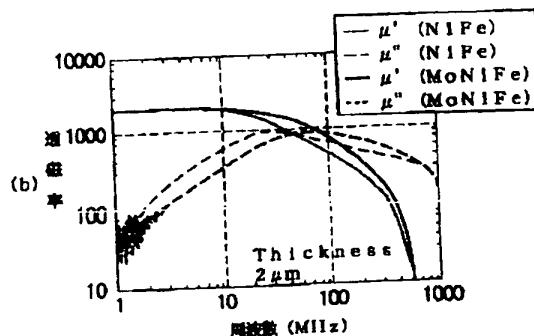
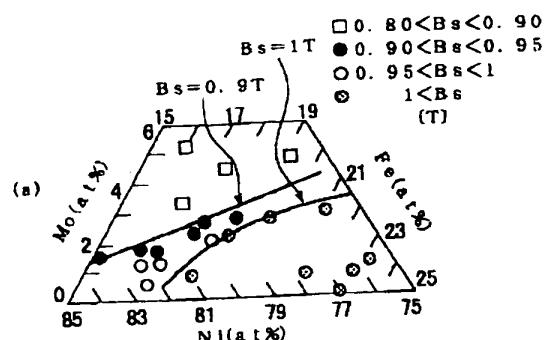
【図4】

【図3】

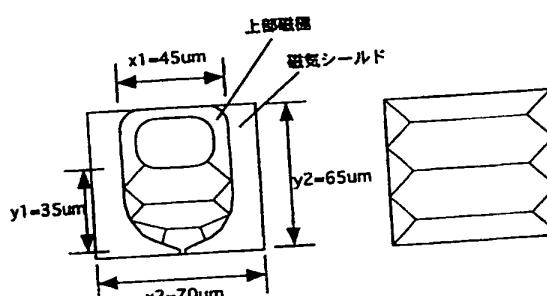
保磁力Hcと比抵抗ρのNiFeMo組成依存性の説明図



飽和磁束密度Bsと透磁率特性のNiFeMo組成依存性の説明図

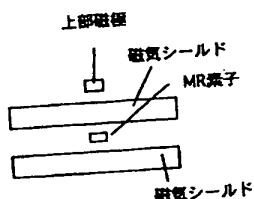


【図11】



(a) 上部磁極及び磁気シールドの重ね合わせ図

(b) 磁気シールドの磁区構造モデル

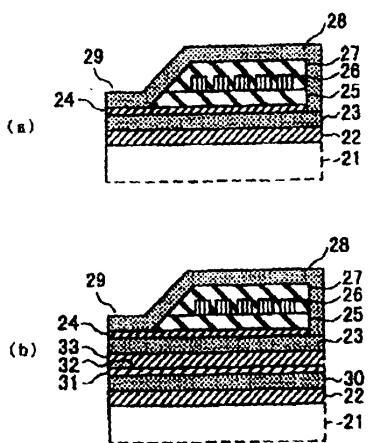


(c) 磁極先端からの断面構造

磁極、シールド材は全て80NiFe($\lambda > 0$)(複合型MRヘッドへの適用例。 $x_1 > y_1, x_2 > y_2, \lambda > 0, \sigma > 0$)

【図5】

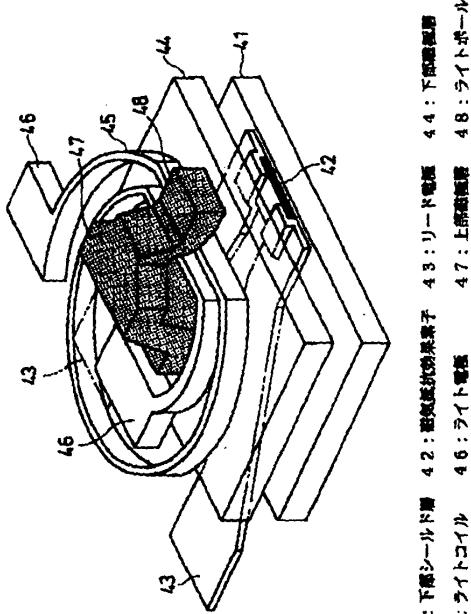
本発明の第1及び第2の実施の形態の
薄膜磁気ヘッド構造的断面図



21: Al_2O_3 -TiC基板 28: 上部磁板層
22: Al_2O_3 膜 29: ライトホール
23: 下部遮断層 30: 下部シールド層 43: リード電極
24: ライトギャップ層 31: 下部リードギャップ層 44: 下部遮断層
25: 下部耐熱絶縁層 32: 電気抵抗効果素子 45: ライトコイル 46: ライトホール
26: ライトコイル 33: 上部リードギャップ層 47: 上部遮断層
27: 上部耐熱絶縁層

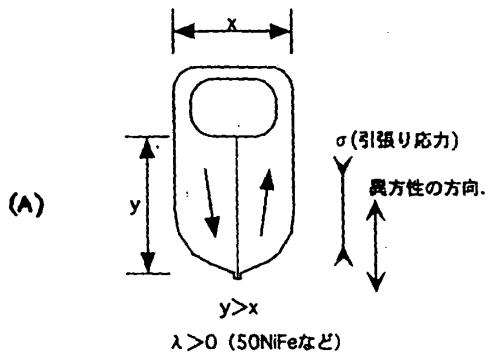
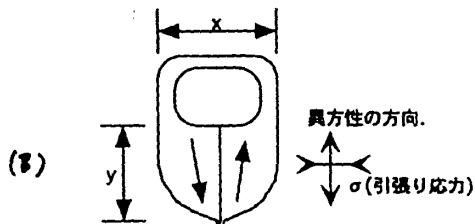
【図6】

従来の複合型薄膜磁気ヘッドの要部透視斜視図



41: 下部シールド層 42: 複合型薄膜磁気ヘッド 43: リード電極
44: 下部遮断層 45: ライトコイル 46: ライトホール 47: 上部遮断層
48: ライトホール

【図9】

カ一顕微鏡による磁区観察例1
($y > x$, $\lambda > 0$, $\sigma > 0$)カ一顕微鏡による磁区観察例2
($x > y$, $\lambda > 0$, $\sigma > 0$)】
材料は82NiFe($\lambda < 0$)使用

フロントページの続き

(51) Int. Cl. 7

H 01 F 10/14

識別記号

F I

テ-マ-ト (参考)

H 01 F 10/14

(72) 発明者 三宅 裕子

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号 富士通株式会社内

F ターム (参考) 5D033 BA03 BB43

5D034 BA02 BB08 BB12

5E041 AA17 CA05 CA06 NN00 NN01
NN12 NN13 NN15

